

Perbaikan Sifat Tanah dan Peningkatan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa* grup *Aggregatum*) dengan Menggunakan Mulsa dan Bahan Pembenah Tanah

Improving Soil Properties and Increasing Shallot Bulb Yield by Mulching and Soil Amendment Application

Umi Haryati^{1*} dan Deddy Erfandi¹

Diterima 24 April 2019/Disetujui 28 Oktober 2019

ABSTRACT

Soil in upland is degraded intensively, therefore it is necessary to improve the quality of the soil. This research aimed to determine the effect of mulch and soil amendment application on improving soil physical and chemical properties and its relation in increasing of shallot yield. A Study of mulch and soil amendment application on shallot cultivation was conducted on March up to June during the 2016 planting season in Bayongbong Village, Bayongbong Subdistrict, Garut District, West Java Province. The experimental design was split plot design with three replications. The main plot were mulch type, they were without mulch (M-0), black plastic mulch (M-1), and straw mulch (M-2). Meanwhile the sub plot were farmer practice, farmer practice plus NPK, farmer practice plus 5 t ha⁻¹ dolomite, farmer practice plus 5 t ha⁻¹ biochar and farmer practice + 5 t ha⁻¹ dolomite plus 5 t ha⁻¹ biochar. The research results showed that mulch and soil amendment improved physical soil properties, water retention, porosity, and soil aggregation. In addition, soil amendment improved soil chemical characteristics (pH, Ca²⁺, K⁺, Ca-exch., K-exch., base saturation). There was an interaction between mulch and soil amendments on the shallot bulb yield. The highest bulb yield (18.35 t ha⁻¹) was obtained by plastic mulch and farmer practice plus 5 t ha⁻¹ dolomite that increased the yield up to 57.8 % compared to control (without mulch and farmer practice).

Key words: plant growth, soil chemistry, soil physics, yield

ABSTRAK

Tanah di lahan kering merupakan lahan yang terdegradasi secara intensif. Oleh karena itu diperlukan perbaikan kualitas tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan mulsa dan bahan pembenah tanah dalam memperbaiki sifat fisik dan kimi tanah serta kaitannya dalam meningkatkan produksi bawang merah. Penelitian aplikasi mulsa dan pembenah tanah pada pertanaman bawang merah dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni musim tanam (MT) 2016 di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Rancangan percobaan yang digunakan adalah petak terpisah (*Split Plot Design*) dengan 3 ulangan. Main plot adalah jenis mulsa yaitu: Tanpa mulsa (M-0), Mulsa plastik (M-1), dan Mulsa jerami (M-2) sedangkan sub-plot adalah: 1) Teknologi petani (B-1), 2) B-1+ NPK rekomendasi (B-2), 3) B-1 + 5 t ha⁻¹ Dolomit (B-3), 4) B-1 + 5.0 t ha⁻¹ Biochar (B-4), 5) B-1 + 5 t ha⁻¹ Dolomit + 5.0 t ha⁻¹ Biochar (B-5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mulsa dan pembenah tanah memperbaiki sifat fisika tanah (retensi air, porositas dan agregasi tanah). Selain itu memperbaiki sifat kimia tanah (pH, Ca²⁺, K⁺, Ca-dd, K-dd, KB). Ada interaksi antara mulsa dan pembenah tanah terhadap hasil umbi bawang merah. Hasil umbi tertinggi (18.35 t ha⁻¹) didapatkan pada perlakuan mulsa plastik dengan teknologi petani ditambah 5 t ha⁻¹ dolomit yang meningkatkan hasil sampai 57.8% dibandingkan kontrol (tanpa mulsa dengan teknologi petani).

Kata kunci : hasil umbi, sayuran tropis, sifat fisika tanah, sifat kimia tanah

Balai Penelitian Tanah – Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian,
Badan Litbang Pertanian, Kementan
Jl Tentara Pelajar No 12, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat.
Email: umiharyati@yahoo.com (*Penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Lahan sub optimal yang paling luas sebarannya adalah lahan kering, yaitu sekitar 122.1 juta ha yang terdiri dari lahan kering masam seluas 108.8 juta ha dan lahan kering iklim kering seluas 13.3 juta ha (Mulyani dan Muhrizal, 2013). Lebih dari 66% lahan pertanian existing di Indonesia merupakan lahan kering terdegradasi (BBSDLP, 2014). Lahan kering terdegradasi ditandai dengan struktur tanah yang jelek, kandungan C-organik sangat rendah, dan kemampuan meretensi air dan hara rendah (Haryati, 2010; Haryati *et al.*, 2010; Nurida *et al.*, 2013). Hal tersebut akan mengganggu produktivitas bawang merah apabila ditanam di lahan kering terdegradasi tersebut. Agar lahan kering tersebut dapat berproduksi secara optimal maka perlu upaya rehabilitasi atau pemulihan produktivitas lahan.

Pembenah tanah merupakan bahan yang dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan/perbaikan kualitas tanah. Bahan organik selain dapat berfungsi sebagai sumber hara, fungsinya sebagai pembenah tanah juga telah banyak dibuktikan (Dariah dan Nurida, 2011). Aplikasi pembenah tanah berupa formulasi pupuk kandang dan 20% zeolit (Beta) dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah, permeabilitas dan KTK (Dariah *et al.*, 2010). Pupuk kandang dapat meningkatkan pH, kadar C-organik serta meningkatkan ketersediaan nitrogen, fosfor, kalium dan unsur mikro bagi tanaman. Selain itu pupuk kandang dapat menurunkan BD, meningkatkan kadar air tanah, ruang pori total, dan C-organik tanah (Adijaya dan Yasa, 2014). Adijaya (2009) mendapatkan pemanfaatan 7500 liter ha⁻¹ bio urin sapi yang dikombinasikan pupuk kandang sapi 5.0 t ha⁻¹ mampu meningkatkan hasil bawang merah sebesar 60.77%.

Biochar/arang yang mengandung karbon tinggi dan dapat diaplikasikan sebagai pembenah tanah (Nurida, 2014). Biochar bersifat stabil selama ratusan hingga ribuan tahun bila dicampur ke dalam tanah dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah (Fraser, 2010). Biochar mempunyai pH (8.2-10.8) dan KTK (4.58-28.87) serta kapasitas memegang air yang tinggi (Nurida *et al.*, 2009; Sukartono dan Utomo, 2012; Widowati *et al.*, 2012; Dariah *et al.*, 2013; Santi dan Goenadi, 2012). Pemberian biochar mampu memperbaiki sifat kimia tanah diantaranya meningkatkan pH (H₂O) dan KTK

tanah pada berbagai tekstur tanah berpasir (Haefele *et al.*, 2011; Nurida *et al.*, 2012; Sukartono dan Utomo, 2012; Nurida *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2014). Pada lahan kering masam, biochar signifikan meningkatkan pH (Nurida *et al.*, 2012; Nurida *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2014). Dengan demikian penambahan biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mampu memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi (Atkinson *et al.*, 2010). Ketersediaan hara akibat pemberian biochar terjadi melalui tiga mekanisme yaitu (1) suplai hara langsung dari biochar (Mukherjee dan Zimmerman, 2013), (2) kemampuan biochar meretensi hara, dan (3) dinamika mikroorganisme dalam tanah. Hale *et al.* (2013) membuktikan bahwa biochar mampu meretensi N dan P sehingga tidak mudah hanyut terbawa air (*leaching*) dan akan lebih tersedia bagi tanaman.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa kandungan air kapasitas lapang meningkat secara nyata setelah aplikasi biochar. Efektivitas aplikasi biochar terhadap perbaikan retensi air tanah nyata terlihat bila diaplikasikan pada tanah berpasir (Novak *et al.*, 2009; Atkinson *et al.*, 2010; Sutono dan Nurida, 2012; Suwardji *et al.*, 2012). Pada tanah tanpa biochar kemampuan tanah memegang air hanya sekitar 16%, dengan menambah biochar maka kemampuan tanah memegang air meningkat menjadi 47.3-1212.6% (Yu *et al.*, 2013). Sifat biochar yang kaya pori mikro akan sangat bermanfaat jika diaplikasikan pada tanah berpasir yang luas permukaan spesifik tanahnya relatif terbatas. Nurida dan Rachman (2012) dan Dariah *et al.* (2013) telah menguji pengaruh biochar terhadap perbaikan sifat fisik tanah lainnya seperti *Bulk Density* (BD), porositas, dan permeabilitas; masing-masing di lahan kering masam Lampung (Ultisol) dan lahan kering iklim kering, Kupang (Alfisol). Biochar mampu menurunkan BD tanah dan meningkatkan pori drainase cepat (PDC), pori air tersedia (PAT) baik di lahan kering masam maupun lahan kering iklim kering.

Penggunaan mulsa sisa tanaman dalam usahatani lahan kering telah terbukti dapat mengkonservasi kelembapan tanah melalui pengurangan penguapan air dari tanah (evaporasi) karena fungsi penutupannya pada permukaan tanah (Haryati, 2010; Haryati *et al.*, 2010). Penggunaan mulsa sisa tanaman juga dapat menurunkan bobot kering gulma. Mulsa sekam dan mulsa jerami dengan ketebalan 5 cm

menurunkan gulma sampai dengan 81% (Akbar *et al.*, 2014) bahkan 88% (Dewantari *et al.*, 2015) dibandingkan kontrol.

Bawang merah (*Allium cepa* group *Agregatum*) merupakan salah satu komoditas pertanian strategis dan unggulan nasional yang bernilai ekonomi tinggi (Fauziah *et al.*, 2016; Aqlima *et al.*, 2017). Tanaman bawang merah memiliki sistem perakaran serabut yang dangkal, sehingga pengelolaan air dan hara menjadi faktor penentu keberhasilan usahatani bawang merah (Subiksa dan Nurjaya, 2012). Budidaya bawang merah di lahan kering memerlukan irigasi. Bawang merah biasa ditanam pada musim kemarau, sehingga diperlukan irigasi terutama pada saat pertumbuhan dan pembentukan umbi. Kebutuhan air untuk tanaman bawang merah adalah 103 mm atau 1035 m³ ha⁻¹ dalam interval irigasi masing-masing dua harian dengan rata-rata peberian 2.2-3.7 mm, diaplikasikan dengan menggunakan irigasi *impact sprinkler* pompa radiasi surya (Rejekiingrum *et al.*, 2017).

Irigasi sprinkler dengan volume 100% Etc dengan frekuensi penyiraman setiap hari memberikan hasil terbaik (Fauziah *et al.*, 2016). Teknik pengairan intermitten dan selalu tergenang disertai inokulasi CMA efektif meningkatkan bobot umbi per tanaman (Saleh dan Atmaja, 2017). Khokhar (2019) mengaplikasikan teknik irigasi tetes (*drip irrigation*) untuk tanaman bawang di lahan kering dan mengemukakan bahwa dengan irigasi tetes menahan larutan hara berada di zona perakaran bawang untuk waktu yang lebih lama dibandingkan dengan sistem irigasi yang lain. Aplikasi irigasi dengan konsep *management allowable depletion* (MAD) dan teknologi irigasi suplemen di lahan kering dapat meningkatkan produksi dan efisiensi penggunaan air (Haryati *et al.*, 2010; Haryati, 2014). Pemupukan K pada musim hujan meningkatkan hasil bawang merah di Brebes (Muliana *et al.*, 2018).

Mulsa diintegrasikan dengan pemberian pembenah tanah yang berfungsi untuk meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan kapasitas memegang air (*water holding capacity* = WHC) diharapkan dapat meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman di lahan kering. Penggunaan mulsa dalam produksi sayuran adalah bukan sesuatu yang baru. Namun, penggunaan mulsa untuk budidaya bawang merah masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

pengaruh penggunaan mulsa dan bahan pembenah tanah dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta kaitannya dalam meningkatkan produksi bawang merah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni musim tanam (MT) 2016 di sentra produksi bawang merah dataran tinggi di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat pada posisi koordinat 07°16'35,1" LS dan 107°49'38,4"BT serta ketinggian 1162.0 meter di atas permukaan laut (m dpl). Penelitian menggunakan rancangan petak terpisah (*Split Plot Design*) dengan 3 ulangan. Perlakuannya adalah: Main plot yaitu Jenis mulsa (M) terdiri dari 1). Tanpa mulsa (M-0), 2). Mulsa plastik (M-1), 3). Mulsa jerami (M-2) dan Sub-plot yaitu bahan pembenah tanah (B) terdiri dari 1) Teknologi petani (B-1), 2) Teknologi petani + NPK rekomendasi (B-2), 3) Teknologi petani + 5 t ha⁻¹ Dolomit (B-3), 4) Teknologi petani + 5.0 t ha⁻¹ Biochar (B-4) dan 5) Teknologi petani + 5 t ha⁻¹ Dolomit + 5.0 t ha⁻¹ Biochar (B-5). Biochar yang digunakan adalah biochar yang berasal dari sekam padi,

Teknologi petani adalah penggunaan pupuk yang biasa diterapkan oleh petani setempat yaitu NPK, SP-36 dan ZA masing-masing sebanyak ± 200 kg ha⁻¹ atau setara dengan 72 kg ha⁻¹ N; 44.54 kg ha⁻¹ P; 24.89 kg ha⁻¹ K; 48 kg ha⁻¹ S serta pupuk kandang ± 10 t ha⁻¹. Pupuk NPK rekomendasi adalah pupuk N, P dan K masing-masing berasal dari Urea, TSP/SP-36 dan KCl dengan dosis masing-masing 500, 300 dan 200 kg ha⁻¹ atau setara dengan 225 kg ha⁻¹ N; 47.15 kg ha⁻¹ P dan 99.57 kg ha⁻¹ K. Hasil analisis sifat kimia pupuk kandang biochar sekam dan dolomit tercantum dalam Tabel 1.

Plot percobaan berukuran 2 m (lebar) x 10 m (panjang). Varietas bawang merah yang digunakan adalah varietas lokal yang berasal dari Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut (var. Tuktuk) yang sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat. Bawang merah ditanam dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm pada tanggal 13 Maret 2016 dan panen pada tanggal 24 Mei 2016. Variabel yang diamati, metoda serta alat yang digunakan dalam

kegiatan penelitian ini tercantum di dalam Tabel 2.

Data hasil pengukuran dianalisis statistik dengan analisis varians (anova). Apabila terjadi

perbedaan antar perlakuan, dilakukan analisis lanjutan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95 % ($\alpha = 5\%$).

Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia pupuk kandang, biochar sekam dan dolomit yang dipakai dalam penelitian di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, 2016

Sifat Kimia	Satuan	Pupuk Kandang	Biochar Sekam	Dolomit
pH H ₂ O	-	8.7	7.2	9.1
Kadar Air	%	25.78	30.45	-
C-organik	%	21.78	21.39	0.39
N-total	%	1.91	0.65	0.51
C/N Ratio	-	11	33	-
P ₂ O ₅ -total	%	0.83	0.16	1.28
K ₂ O-total	%	1.60	0.53	23.00
CaO	%	-	-	33.91
MgO	%	-	-	0.21
Fe-total	ppm	30719	751	-
Mn-total	ppm	650	413	-
Zn-total	ppm	174	23	-
KTK	cmol ⁺ /kg	25.47	12.04	-
K-dd	cmol ⁺ /kg	21.44	6.88	-
Na-dd	cmol ⁺ /kg	44.24	13.24	-
Ca-dd	cmol ⁺ /kg	9.73	3.11	-
Mg-dd	cmol ⁺ /kg	3.65	1.61	-

Keterangan : dianalisis di Laboratorium Kimia Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Tabel 2. Metoda, alat yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis masing-masing variabel

Variabel yang diukur	Metoda	Alat
Tanaman		
Tinggi tanaman	Pengukuran langsung	Penggaris
Berat umbi segar	Penimbangan langsung	Timbangan
Sifat fisik tanah		
Tekstur	Pipet	Pipet
Kadar air	Gravimetri	Oven, cawan/ring
<i>Bulk density</i> (BD)	Ring sampel (<i>core</i>)	Ring sampel
<i>Particle density</i> (PD)	Perendaman (<i>submersion</i>)	Labu ukur 50/100 ml
Ruang pori total (RPT)	Perhitungan	Ring, labu ukur
Pori drainase lambat (PDL)	Analisis/ kurva pF	<i>Pressure plate apparatus</i>
Pori drainase lambat (PDL)	Analisis/ kurva pF	<i>Pressure plate apparatus</i>
Pori air tersedia (PAT)	Analisis/ kurva pF	<i>Pressure plate apparatus</i>
Agregasi tanah	Pengayakan ganda	Pengayak basah & kering
Permeabilitas	<i>Constan head method</i>	Ring permeameter
Sifat kimia tanah		
pH H ₂ O (1:5)	Elektroda pH meter	pH meter
C-organik	Walky & Black	Spektrofotometer
N-total	Kjeldahl	Destilator, Spektrofotometer
C/N	Perhitungan	
P ₂ O ₅ dan K ₂ O total	Ekstrak HCl 25 %	Spektrofotometer UV-VIS
P ₂ O ₅ tersedia	Olsen	Spektrofotometer UV-VIS
K ₂ O		
Kapasitas tukar kation (KTK)	Kolorimetri, biru indofenol	Spektrofotometer
Kation (Ca,Mg,K,Na) dapat ditukar	SSA	SSA
Kejenuhan Basa (KB)	Kolorimetri, biru indofenol	Spektrofotometer
Aluminium dapat ditukar (Al-dd)	Eksraksi KCl 1N	Buret 10 ml
Hidrogen dapat ditukar (H-dd)	Eksraksi KCl 1N	Buret 10 ml

Data hasil pengukuran dianalisis statistik dengan analisis varians (anova). Apabila terjadi perbedaan antar perlakuan, dilakukan analisis lanjutan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik dan Kimia Tanah Awal

Tanah di lokasi penelitian bertekstur liat, BD (0.99 g cm^{-3}) dan PD (2.15 g cm^{-3}) sedang, RPT tinggi (57.27% vol), PDC tinggi (18.33% vol), PDL rendah (5.60% vol) dan PAT sedang (11.37% vol). Permeabilitas tanah rendah (6.33 cm jam^{-1}) dengan indeks

kemantapan agregat sangat buruk (14.5 cm jam^{-1}) (Tabel 3).

Menurut kriteria Balai Penelitian Tanah (2009), tanah di lokasi penelitian mempunyai pH agak masam (5.65), kandungan C-organik rendah (1.69%), N rendah (0.19%), C/N rendah (8.78), P_2O_5 (Olsen) sangat tinggi baik potensial (68.60 mg kg^{-1}) maupun P tersedia ($65.60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) dan K_2O sedang ($37.96 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Tabel 4). Selanjutnya tanah tersebut mempunyai kandungan basa-basa yang berkisar dari sangat rendah ($\text{K-dd} = 0.09 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) sampai sedang ($\text{Mg-dd} = 1.38 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Sedangkan Ca-dd ($3.41 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) dan Na-dd ($0.15 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) termasuk rendah. Selain itu tanah mempunyai KTK yang sedang ($17.35 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) dengan KB yang rendah (28.99%) (Tabel 4).

Tabel 3. Sifat fisika tanah awal lokasi penelitian di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016

Sifat fisik tanah	Satuan	(0 - 30) cm		(30 - 60) cm	
		Nilai	Kriteria*)	Nilai	Kriteria*)
Kadar Air	% vol	35.17		39.86	
BD	g cm^{-3}	0.99	sedang	0.97	sedang
PD	g cm^{-3}	2.15	sedang	1.99	sedang
RPT	% vol	57.27	tinggi	58.24	tinggi
Tekstur					
Pasir	%	20.30		8.50	
Debu	%	30.00	liat	34.90	liat
Liat	%	49.80		56.40	
Kadar Air					
pF 1	% vol	49.09		51.33	
pF 2	% vol	38.94		43.20	
pF 2.54	% vol	33.32		38.65	
pF 4.2	% vol	21.97		25.77	
Pori drainase					
Cepat (PDC)	% vol	18.33	tinggi	15.05	tinggi
Lambat (PDL)	% vol	5.60	rendah	4.56	sangat rendah
Pori Air Tersedia (PAT)	% vol	11.37	sedang	12.87	sedang
Permeabilitas	cm jam^{-1}	6.33	rendah	2.87	sangat rendah
Kemantapan Agregat Tanah					
Agregat	%	50.30		64.80	
Indeks (IKA)	-	14.50	sangat buruk	32.70	sangat buruk

Keterangan: BD = *bulk density*, PD = *particle density*, RPT = ruang pori total, IKA = indeks kestabilan agregat, dianalisis di Laboratorium Fisika, Balai Penelitian Tanah, Bogor. *) Menurut Kurnia *et al.*, 2006.

Tabel 4. Sifat kimia tanah awal lokasi penelitian Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016

Sifat kimia	Satuan	(0-30 cm)		(30-60 cm)	
		Nilai	Kriteria**)	Nilai	Kriteria**)
pH					
H ₂ O		5.64	agak masam	5.66	agak masam
KCl		4.63		4.73	
Bahan Organik					
C	%	1.69	rendah	1.28	rendah
N	%	0.19	rendah	0.13	rendah
C/N		8.78	rendah	10.15	rendah
P ₂ O ₅ (Olsen)	mg kg ⁻¹	65.60	sangat tinggi	42.42	sangat tinggi
P ₂ O ₅ (Bray I)	mg kg ⁻¹	15.08	sangat tinggi	7.19	rendah
Eks.HCl 25 %					
P ₂ O ₅	mg (100g) ⁻¹	68.60	sangat tinggi	33.14	sedang
K ₂ O	mg (100g) ⁻¹	37.96	sedang	21.09	sedang
Eks Am Asetat					
Ca	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	3.41	rendah	5.50	rendah
Mg	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	1.38	sedang	1.86	sedang
K	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0.09	sangat rendah	0.09	sangat rendah
Na	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0.15	rendah	0.18	rendah
Jumlah	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	5.03		7.63	
CTC	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	17.35	sedang	17.86	sedang
KB	%	28.99	rendah	42.72	sedang
Al	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0.04		0.04	
H	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	0.14		0.14	
Kejenuhan Al	%	0.23	sangat rendah	0.23	sangat rendah

Keterangan: CTC = kapasitas tukar kation, KB = kejenuhan basa, dianalisis di Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor, **) Menurut Balai Penelitian Tanah, 2009.

Pengaruh Mulsa dan Pembenh Tanah terhadap Sifat Fisika Tanah

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara mulsa dan pembenh tanah terhadap sifat fisika tanah sebelum tanaman dipanen. Mulsa tidak berpengaruh terhadap BD, PD, RPT, KA pada pF 4.2; PDL, permeabilitas dan % agregat (Tabel 5). Mulsa berpengaruh terhadap KA sesaat, KA pF 1, KA pF 2, KA pF 2.54; pori air tersedia (AT), indeks kestabilan agregat (IKA) dan perkolasi. Mulsa plastik (M-1) mempunyai pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan mulsa jerami (M-2). Hal ini karena pada perlakuan mulsa plastik, permukaan tanah tertutup rapat sehingga energi kinetik air hujan tidak berpengaruh buruk terhadap agregasi tanah. Pada perlakuan mulsa jerami permukaan tanah tidak 100% terlindungi, sehingga berpengaruh terhadap indeks kestabilan agregat tanah yang

selanjutnya berpengaruh terhadap distribusi ruang pori atau retensi air tanah (pori air tersedia). Pada permukaan tanah yang lebih tertutup rapat (mulsa plastik) menurunkan temperature tanah 2-3 °C, evaporasi akan lebih rendah, sehingga kelembaban tanah lebih terjaga (KA lebih tinggi), (Dewantari *et al.*, 2015). Selain itu mulsa plastik menurunkan BD, memperbaiki porositas tanah sehingga kemampuan retensi air meningkat. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa mulsa plastik menurunkan BD dan meningkatkan porositas serta hasil tanaman kedelai lebih baik dibandingkan mulsa jerami (Solyati dan Kusuma, 2017).

Pembenh tanah berpengaruh terhadap KA sesaat, RPT, KA pF1, KA pF 2, KA pF2.54, PDC, AT, % agregat, IKA dan perkolasi (Tabel 5). Perlakuan B-3, B-4 dan B-5 memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan perlakuan B-1 dan B-2. Hal ini karena pada perlakuan B-3 ada penambahan

dolomit, pada B-4 ada penambahan biochar dan pada B-5 ada penambahan dolomit dan biochar. Hasil penelitian Nurida *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu memperbaiki sifat fisik tanah yaitu meningkatkan RPT, PDC dan AT. Berbagai penelitian membuktikan bahwa biochar efektif dalam meretensi air (Novak *et al.*, 2009; Sukartono dan Utomo, 2012; Yu *et al.*, 2013). Biochar mengandung bahan organik (C-total) yang tinggi (21.39%) (Tabel 1). Adanya bahan organik yang tinggi ini akan meningkatkan agregasi tanah sehingga porositas (RPT, PDC dan AT) tanah meningkat, akibatnya kapasitas tanah memegang air (*water holding capacity*/WHC) meningkat. Selain itu sifat biochar, secara fisik, kaya akan pori makro maupun mikro sehingga meningkatkan daya retensi air/WHC.

Dolomit merupakan mineral yang di dalamnya terdapat unsur hara magnesium serta kalsium yang berbentuk tepung dalam senyawa $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Hasil analisis di Laboratorium menunjukkan bahwa Dolomit

mengandung kalsium (CaO) sebanyak $\pm 33.91\%$ yang akan berpengaruh terhadap agregasi tanah. Hasil penelitian terdahulu (Rowley *et al.*, 2018) memperlihatkan bahwa semakin tinggi Ca^{2+} , semakin baik stabilitas agregat tanah, karena Ca^{2+} membentuk ikatan yang kuat antar partikel tanah melalui ikatan jembatan kation (Arsyad, 2010; Norambuena, 2014; Rowley *et al.*, 2018) sehingga agregasi tanah semakin tinggi. Biochar mengandung C-organik sebanyak 21.39% yang dapat memperbaiki agregasi tanah sehingga sifat fisik tanah yang lain (KA, porositas, AT, IKA, perkolasi) juga diperbaiki. Nurida *et al.* (2013) melaporkan bahwa biochar dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah pada tanah mineral masam maupun non masam. Efektivitas pembenah tanah berbahan baku biochar, lebih ditentukan oleh sifat fisiknya seperti bentuknya yang berongga dan didominasi mikro dan meso pori sehingga mampu meningkatkan kemampuan menahan air (Shaaban *et al.*, 2013).

Tabel 5. Pengaruh mulsa dan pembenah tanah terhadap sifat fisika tanah pada pertanaman bawang merah di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016

Sifat Fisik Tanah	Satuan	Petak Utama			Anak Petak				
		M-0	M-1	M-2	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
KA sesaat	% vol	28.8 B	31.5 A	28.0 B	28.9 ab	31.4 a	28.2 ab	31.1 a	27.5 b
BD	g cm^{-3}	1.0 A	1.0 A	0.9 A	1.0 a	1.0 a	0.9 a	1.0 a	1.0 a
PD	g cm^{-3}	2.3 A	2.3 A	2.3 A	2.3 a	2.2 a	2.3 a	2.3 a	2.3 a
RPT	% vol	57.0 A	57.5 A	58.2 A	56.6 b	55.9 b	58.5 a	58.5 a	57.8 ab
KA pF1	% vol	47.9 AB	48.7 A	46.3 B	47.3 ab	46.6 b	46.0 b	49.5 a	48.5 ab
KA pF 2	% vol	34.3 B	36.2 A	34.8 AB	34.0 b	36.3 a	33.7 b	36.7 a	34.4 b
KA pF2.54	% vol	30.6 AB	31.6 A	30.5 B	30.2 ab	32.6 a	29.4 b	32.3 a	30.0 ab
KA pF 4.2	% vol	23.1 A	21.8 A	22.1 A	22.3	22.2 a	22.3 a	23.3 a	21.7 a
PDC	% vol	22.7 A	21.3 B	23.4 A	22.6 b	19.5 b	24.8 a	21.8 b	23.4 ab
PDL	% vol	3.7 A	4.6 A	4.3 A	3.8 a	3.8 a	4.3 a	4.4 a	4.4 a
AT	% vol	7.5 B	9.8 A	8.5 AB	7.9 b	10.4 a	7.2 b	9.0 a	8.4 b
Perm.	cm jam^{-1}	1.1 A	0.92 A	1.0 A	1.1 a	0.8 a	1.1 a	0.8 a	1.1 a
Agregat	%	54.3 A	53.6 A	52.5 A	50.1 b	55.4 a	52.7 b	51.8 b	56.3 a
IKA	-	33.1 B	39.1 A	42.6 A	34.8 b	36.2 b	35.2 b	43.2 a	41.8 a
F(6)	cm jam^{-1}	14.7 B	21.6 A	14.6 B	7.1 c	13.6 b	24.7 a	15.2 b	22.7 a
F(u)	cm jam^{-1}	18.2 B	21.1 A	21.7 A	9.5 c	20.4 b	23.0 b	21.9 b	26.1 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil (anak petak) atau huruf besar (petak utama) yang berbeda pada baris yang sama berbeda pada taraf $\alpha = 5\%$. M-0 = tanpa mulsa, M-1 = mulsa plastik, M-2 = mulsa jerami, B-1 = teknologi petani, B2= B-1+ NPK rekomendasi, B-3= B-1+ Dolomit 5 t ha^{-1} , B-4 = B-1 + Biochar 5 t ha^{-1} , B5 = B-1 + Dolomit 5 t ha^{-1} + Biochar 5 t ha^{-1} . BD= *bulk density*, PD = *particle density*, RPT = ruang pori total, PDC = pori drainase cepat, PDL = pori drainase lambat, AT = air tersedia, perm. = permeabilitas, IKA = indeks kestabilan agregat, F = perkolasi.

Pengaruh Mulsa dan Pembenah Tanah Terhadap Sifat Kimia Tanah

Interaksi antara mulsa dan pembenah tanah terhadap sifat kimia tidak nyata. Mulsa tidak berpengaruh terhadap hampir semua sifat kimia tanah kecuali P_2O_5 dan K_2O (Ext. HCl 25%), P_2O_5 (Olsen) dan Ca-dd (Tabel 6). Hal ini karena mulsa dapat mengurangi pencucian dan atau aliran air yang membawa unsur hara yang bersifat mobil seperti K ke lapisan atau profil tanah yang lebih dalam, sehingga unsur-unsur tersebut tidak berubah kandungannya di dalam tanah.

Pemberian pembenah tanah dolomit (B-3) serta dolomit dan biochar (B-5) meningkatkan pH (Tabel 6). Hal ini karena dolomit mengandung kation Ca^{2+} . Hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa

pemberian dolomit meningkatkan pH tanah (Rastija, 2014; Castro dan Crusciol, 2015). Dalam penelitian ini juga memperlihatkan bahwa pemberian dolomit (B-3) meningkatkan Ca-dd, K-dd dan KB (Tabel 6). Pemberian NPK (B-2) meningkatkan P_2O_5 dan K_2O (Ext. HCl 25%), P_2O_5 (Olsen) serta K-dd. Perlakuan B-2, B-3 dan B-5 memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya karena adanya penambahan pupuk NPK, dolomit serta biochar pada perlakuan tersebut sehingga dapat memperbaiki sifat kimia tanah. Hasil penelitian Dariah *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pemberian pembenah tanah Beta (formulasi pupuk kandang dan zeolit) dapat meningkatkan KTK tanah, sehingga unsur-unsur hara dalam tanah lebih tersedia bagi tanaman.

Tabel 6. Pengaruh mulsa dan pembenah tanah terhadap sifat kimia tanah pada pertanaman bawang merah di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016

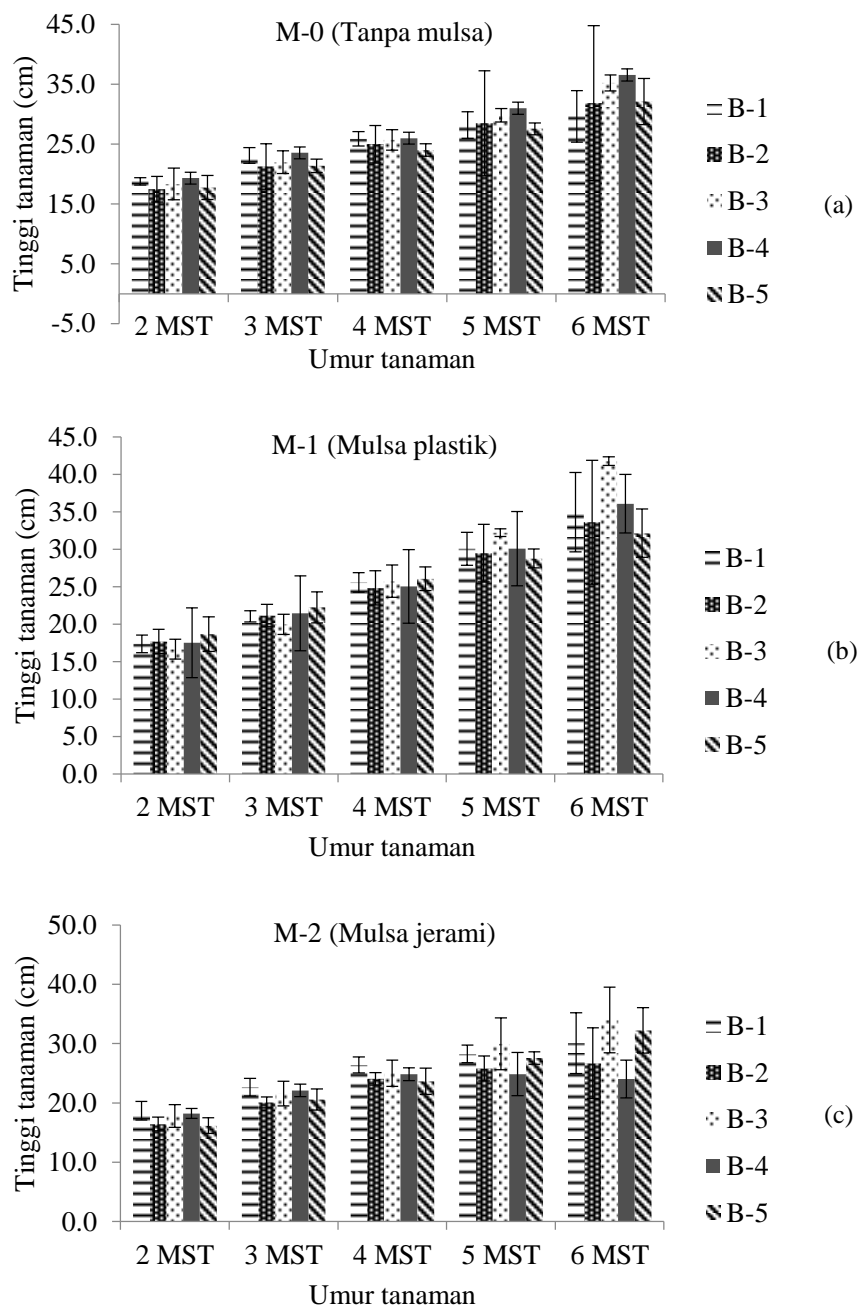
Sifat Kimia Tanah	Satuan		Petak Utama			Anak Petak				
			M-0	M-1	M-2	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
pH	H ₂ O		5.68 A	5.86 A	5.30 A	5.20 b	5.24 b	6.27 a	5.30 b	6.08 a
	KCl		4.92 A	5.19 A	4.55 A	4.37 b	4.57 b	5.59 a	4.41 b	5.48 a
Bahan Organik	C	%	1.76 A	2.01 A	1.80 A	1.85 a	1.78 a	1.81 a	1.95 a	1.90 a
	N	%	0.15 A	0.18 A	0.16 A	0.16 a	0.16 a	0.16 a	0.17 a	0.16 a
	C/N		11.50 A	11.58 A	11.56 A	11.56 a	11.26 a	11.51 a	11.66	11.74 a
HCl 25%	P_2O_5	mg (100g) ⁻¹	100.14 B	127.42 A	101.80 B	99.14 b	127.76 a	104.87 b	109.94 b	107.21 b
	K_2O	mg (100g) ⁻¹	30.44 B	41.62 A	25.38 B	26.74 b	43.55 a	30.53 ab	32.54 ab	29.04 ab
Olsen	P_2O_5	ppm	169.96 B	206.82 A	171.85 B	176.49 b	208.06 a	174.02 b	184.20 b	171.61 b
Bray-1	P_2O_5	ppm	73.48 A	90.01 A	85.08 A	86.06 a	87.17 a	69.38 a	80.29 a	91.40 a
NH ₄ OAc	Ca-dd	cmol ⁺ kg ⁻¹	8.93 AB	10.86 A	7.73 B	7.18 b	7.54 b	12.12 a	7.54 b	11.48a
	Mg-dd	cmol ⁺ kg ⁻¹	2.87 A	3.22 A	2.80 A	3.20 a	3.02 a	2.70 a	3.17 a	2.71 a
	K-dd	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.77 A	0.96 A	0.93 A	0.72 b	1.49 a	0.75 b	0.82 b	0.65 b
	Na-dd	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.10 A	0.10 A	0.07 A	0.10 a	0.08 a	0.10 a	0.10 a	0.06 a
	Jumlah	cmol ⁺ kg ⁻¹	12.66 A	15.13 A	11.53 A	11.20 a	12.13 a	15.67 a	11.63 a	14.91 a
	KTK	cmol ⁺ kg ⁻¹	19.25 A	19.39 A	18.56 A	19.82 a	17.92 a	19.16 a	19.46 a	18.98 a
	KB	%	65.20 A	76.58 A	62.09 A	56.40 b	65.41 ab	79.45 a	59.83 b	78.69 a
KCl 1N	Al ³⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.09 A	0.09 A	0.22 A	0.19 a	0.22 a	0.10 a	0.15 a	0.10 a
	H ⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	0.10 A	0.09 A	0.15 A	0.16 a	0.12 a	0.05 a	0.15 a	0.07 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil (anak petak) atau huruf besar (petak utama) yang berbeda pada baris yang sama berbeda pada taraf $\alpha=5\%$. M-0 = tanpa mulsa, M-1 = mulsa plastik, M-2 = mulsa jerami, B-1 = teknologi petani, B2= B-1+ NPK rekomendasi, B-3= B-1+ Dolomit 5 t ha⁻¹, B-4 = B-1 + Biochar 5 t ha⁻¹, B5 = B-1 + Dolomit 5 t ha⁻¹ + Biochar 5 t ha⁻¹.

Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Tinggi tanaman pada umur 2 sampai 5 minggu setelah tanam (MST), tidak berbeda antar perlakuan pembenah tanah. Pertumbuhan

tinggi tanaman memberikan respon yang berbeda terhadap pemberian pembenah tanah pada perlakuan mulsa yang berbeda pada saat tanaman berumur 6 minggu (MST) (Gambar 1).



Keterangan: M-0 = tanpa mulsa, M-1 = mulsa plastik, M-2 = mulsa jerami, B-1 = teknologi petani, B-2= B-1+ NPK rekomendasi, B-3= B-1+ Dolomit 5 t ha⁻¹, B-4 = B-1 + Biochar 5 t ha⁻¹, B5 = B-1 + Dolomit 5 t ha⁻¹ + Biochar 5 t ha⁻¹.

Gambar 1. Pertumbuhan tinggi tanaman bawang merah pada perlakuan pembenah tanah dan mulsa yang berbeda, tanpa mulsa (a), mulsa plastik (b) dan mulsa jerami (c) di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016.

Pada perlakuan tanpa mulsa (M-0), perkembangan tinggi tanaman yang terbaik diberikan oleh perlakuan B-4, namun tidak berbeda dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan mulsa plastik (M-1), perlakuan B-3 memberikan perkembangan tinggi tanaman yang terbaik dan berbeda dengan perlakuan B-5 saat umur 5 MST dan berbeda dengan perlakuan B-1, B-4 dan B-5 pada 6 MST. Pada perlakuan mulsa jerami (M-2), perlakuan B-3 memberikan pengaruh yang lebih baik dan berbeda dengan B-4 pada 6 MST. Disini terlihat bahwa perlakuan B-3 (penambahan dolomit) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan tanaman apabila dikombinasikan dengan mulsa baik mulsa plastik maupun jerami. Hal ini karena, seperti telah dijelaskan sebelumnya, dolomit meningkatkan pH serta memperbaiki distribusi ruang pori (AT) dan agregasi tanah, sehingga memberikan kondisi yang kondusif bagi pertumbuhan tanaman.

Hasil Umbi Bawang Merah

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara mulsa dan pembenah tanah terhadap hasil tanaman. Hasil umbi bawang merah terhadap pemberian pupuk dan pembenah tanah pada jenis mulsa yang berbeda, memberikan respon yang berbeda (Tabel 7). Pada perlakuan tanpa mulsa (M-0), perlakuan B-3 memberikan hasil tertinggi (15.47 t ha^{-1}) tetapi tidak berbeda dengan perlakuan B-5. Pada perlakuan mulsa plastik (M-1), perlakuan B-3 menghasilkan umbi yang paling tinggi (18.35 t ha^{-1}) dan berbeda dengan perlakuan lainnya, sedangkan pada perlakuan mulsa jerami (M-2), perlakuan B-5 memberikan hasil yang tertinggi (17.07 t

ha^{-1}) dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Secara umum, perlakuan mulsa plastik memberikan hasil yang lebih bagus dibandingkan tanpa mulsa dan mulsa jerami. Secara umum perlakuan pembenah tanah B-3 memberikan hasil umbi yang paling tinggi (16.32 t ha^{-1}) (Tabel 7).

Mulsa plastik (M-1) melindungi tanah dari energi kinetik air hujan, sehingga tidak terjadi pencucian hara dari zona perakaran. Mulsa plastik meningkatkan mineralisasi N, menurunkan pencucian hara N, meningkatkan *leaf area index* (LAI) dan hasil tanaman (Zhang *et al.*, 2012). Mulsa plastik juga melindungi tanaman dari percikan tanah akibat erosi percik yang terjadi dan tidak merusak pertumbuhan tanaman sehingga hasil tanamannya (umbi) lebih baik.

Adanya penambahan dolomit (B-3) juga meningkatkan hasil umbi, sejalan dengan hasil penelitian Delina *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa pemberian dolomit 2 t ha^{-1} meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah 79.7% dibandingkan kontrol.

Dolomit dapat meningkatkan pH (Rastija, 2014; Castro dan Cruscio, 2015), sehingga memberikan kondisi tanah yang kondusif (unsur N, P, K dan unsur mikro menjadi lebih tersedia, menetralkan senyawa beracun) bagi pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan penyerapan unsur Ca dan Mg oleh tanaman, sehingga meningkatkan hasil umbi tanaman bawang merah. Dengan demikian perlakuan M-1 B-3 merupakan perlakuan dan memberikan hasil terbaik dengan peningkatan hasil sebanyak 57.8% dibandingkan tanpa mulsa dan tanpa bahan pembenah tanah.

Tabel 7. Pengaruh mulsa dan pembenah tanah terhadap hasil umbi bawang merah di Desa Bayongbong, Kecamatan Bayongbong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, 2016

Anak petak	Petak Utama			Rata-rata (t ha^{-1})
	M-0	M-1	M-2	
B-1	11.63 bB	13.39 cA	11.63 cB	12.21
B-2	11.66 bA	10.95 dB	8.56 dC	10.39
B-3	15.47 aB	18.35 aA	15.13 bB	16.32
B-4	12.22 bB	16.31 bA	8.02 dC	12.18
B-5	15.18 aB	10.79 dC	17.07 aA	14.35
Rata-rata	13.23	13.96	12.08	13.09

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada kolom yang sama dan angka yang diikuti huruf besar yang berbeda pada baris yang sama berbeda pada taraf $\alpha 5\%$, M-0 = tanpa mulsa, M-1 = mulsa plastik, M-2 = mulsa jerami, B-1 = teknologi petani, B2= B-1+ NPK rekomendasi, B-3= B-1+ Dolomit 5 t ha^{-1} , B-4 = B-1 + Biochar 5 t ha^{-1} , B5 = B-1 + Dolomit 5 t ha^{-1} + Biochar 5 t ha^{-1} .

KESIMPULAN

Mulsa dan pembenah tanah dapat meningkatkan retensi air tanah, porositas dan agregasi tanah. Pembenah tanah dolomit serta pemberian dolomit yang dikombinasikan dengan biochar meningkatkan pH serta memperbaiki ketersediaan kalsium (Ca-dd), kalium (K-dd) dan kejenuhan basa (KB). Terdapat interaksi antara mulsa dan bahan pembenah tanah pada bobot hasil umbi. Pada perlakuan tanpa mulsa, pemberian dolomit atau kombinasi antara dolomit dan biochar memberikan hasil umbi tertinggi (15.47 t ha⁻¹). Pada perlakuan mulsa plastik, pemberian dolomit menghasilkan umbi yang paling tinggi (18.35 t ha⁻¹) sedangkan pada perlakuan mulsa jerami, kombinasi antara dolomit dan biochar memberikan hasil tertinggi (17.07 t ha⁻¹). Kombinasi mulsa plastik hitam perak dengan dolomit adalah kombinasi terbaik dengan menghasilkan hasil umbi 18.35 t ha⁻¹ yang 57.8 % lebih tinggi dibandingkan tanpa mulsa dan tanpa bahan pembenah tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah mendanai penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Yoyo Soelaeman, MSc.APU sebagai narasumber yang telah membantu dan membimbing dalam kegiatan penelitian serta dalam penulisan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adijaya, I.N., I.M.R. Yasa. 2014. Pengaruh Pupuk Organik terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Jagung. Hal : 299-310 *Dalam* Prosiding Seminar Nasional "Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi", Banjarbaru 6-7 Agustus 2014. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Badan Litbang Pertanian.
- Adijaya, I.N. 2009. Respon Bawang Merah Terhadap Pemupukan Organik di Lahan Kering. Cibinong: Makalah disampaikan pada Diklat Fungsional Peneliti Tingkat Pertama di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 4-21 Juli 2009.
- Akbar, R.A., M. Sudiarso, A. Nugroho. 2014. Pengaruh mulsa organik pada gulma dan tanaman kedelai (*Glycine max* L.) var. Gema. *Jurnal Produksi Tanaman* 1(6): 478-485.
- Aqlima, B.S. Purwoko, S.H. Hidayat, D. Dinarti. 2017. Eliminasi onion yellow dwarf virus melalui kultur meristem tip pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *J. Hort. Indonesia*. 8(1): 22-30.
- Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald, N.A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil*. 337: 1-18.
- [Baliitan] Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Petunjuk Teknis Edisi 2. Balai Penelitian Tanah-BBSDLP. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. 234p.
- BBSDLP. 2014. Road Map Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Castro, G.S.A., C.A.C. Crusciol. 2015. Effects of surface application of dolomitic limestone and calcium-magnesium silicate on soybean and maize in rotation with green manure in a tropical region. *Soil and Plant Nutrition. Bragantia*. 74(3): Campinas.
- Dariah, A., Sutono, N.L. Nurida. 2010. Penggunaan pembenah tanah organik dan mineral untuk perbaikan kualitas tanah *Typic Kanhapludults* Tamanbogo, Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 31: 1-10.

- Dariah, A., N.L. Nurida. 2011. Formula pembenah tanah diperkaya senyawa humat untuk meningkatkan produktivitas tanah ultisol Tamanbogo Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 33: 33-38.
- Dariah, A., N.L. Nurida, Sutono. 2013. The effect of biochar on soil quality and maize production in upland in dry climate region. In *Proceeding 11 International Conference the East and Southeast Asia federation of Soil Science Societies*. Bogor, Indonesia.
- Dewantari, R.P., N.E. Suminarti, S.Y. Tyasmoro. 2015. Pengaruh mulsa jerami padi dan frekuensi waktu penyiangan gulma pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) *Merril*). *Jurnal Produksi Tanaman* 3(6): 487-495.
- Delina, Y., D. Okalia A. Alatas. 2019. Pengaruh Pemberian Dolomit dan Pupuk KCl terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalanicum*. L). *Jurnal Green Swarnadwipa*. 1(1): 39-47.
- Fauziah, R., A.D. Susila, E. Sulistyono. 2016. Budidaya bawang merah (*Allium ascalanicum* L.) pada lahan kering menggunakan irigasi sprinkler pada berbagai volume dan frekuensi. *J. Hort. Indonesia*. 7(1): 1- 8.
- Fraser, B. 2010. High-tech Charcoal Fights Climate Change. *Environ. Sci. Technol*. 548.
- Haefele, S.M., Y. Konboon, W. Wongboon, S. Amarante, A.A. Maarifat, E.M. Pfeiffer, C. Knoblauch. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in ricebased systems. *Field Crop. Res.* 123(3): 430-440.
- Hale, S.E., V. Alling, V. Martinsen, J. Mulder, G.D. Breedveld, G. Cornelissen. 2013. The sorption and desorption of phosphate-P, ammonium-N and nitrate-N in cacao shell and corn cob *biochars*. *Chemosphere*. 91: 1612-1619.
- Haryati, U., N. Sinukaban, K. Murtalaksono, A. Abdurachman. 2010. Management Allowable Depletion (MAD) level untuk efisiensi penggunaan air tanaman cabai pada tanah Typic Kanhapluduts Tamanbogo, Lampung. *J. Tanah dan Iklim*. 31: 11-26.
- Haryati, U. 2010. Peningkatan efisiensi penggunaan air untuk pertanian lahan kering berkelanjutan melalui berbagai teknik irigasi pada *Typic Kanhapludult* Lampung. Desertasi. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor. 130 hal.
- Haryati, U. 2014. Teknologi irigasi suplemen untuk adaptasi perubahan iklim pada pertanian lahan kering. *J. Tanah dan Iklim*. 8(1): 43-57.
- Kurnia, U., F. Agus, A. Adimihardja dan A. Dariah. 2006. Sifat Fisik Tanah dan Analisisnya. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan (BBSDL). Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian. 282p.
- Khokhar, K.M. 2019. Mineral nutrient management for onion bulb crops – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 94(6): 703-717.
- Mukherjee, A., A.R. Zimmerman. 2013. Organic carbon n nutrient release from a range of a laboratory produced biochars. *Geoderma*. 163: 247-255.
- Mulyani, A., M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan suboptimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 7(1): 47-58.

- Muliana, S. Anwar, A. Hartono, A.D. Susila, S. Sabiham. 2018. Pengelolaan dan pemupukan fosfor dan kalium pada pertanian intensif bawang merah di empat desa di Brebes. J. Hort. Indonesia. 9(1): 27-37.
- Novak, J.M., I. Lima, B. Xing, J.W. Gaskin, J. Steiner, K. Das, M. Ahmedna, D. Rehreh, D.W. Watts, W.J. Busscher. 2009. Carakterization of designer biochar produce at different temperature and their effect on the loamy sand. Annals of Environmental Science. 3(1): 195-206.
- Norambuena, M., A. Neaman, M.C. Schiappacasse, E. Salgado. 2014. Effect of liquid humus and calcium sulphate on soil aggregation. J. Soil Sci. Plant Nutr. 14(3): 701-709.
- Nurida, N.L., A. Dariah, A. Rachman. 2009. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. Prosiding Seminar Nasional dan dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Tahun 2008. Hal 209-215.
- Nurida., N.L., A. Rachman, Sutono. 2012. Potensi pembenah tanah biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan peningkatan hasil jagung pada Typic Kanhapludults lampung. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 69-74.
- Nurida, N.L., A. Rachman. 2012. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam terdegradasi dengan Formula Pembenah Tanah Biochar di Typic Kanhapludults. Lampung. Prosiding Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan terdegradasi. p. 639-648.
- Nurida, N.L., A. Dariah, A. Rachman. 2013. Peningkatan kualitas tanah dengan pembenah tanah biochar limbah pertanian. J. Tanah dan Iklim. 37(2): 69-78.
- Nurida, N.L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan. Edisi Khusus Karakteristik dan Variasi Sumberdaya Lahan Pertanian (Edisi Khusus): 57-68.
- Nurida, N.L., A. Dariah, S. Sutono. 2015. Pembenah tanah alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam. J. Tanah dan Iklim. 39(2): 99-108.
- Santi, L.P., D.H. Goenadi. 2012. Pemanfaatan biochar cangkang sawit sebagai pembawa mikroba pemantap agregat. J. Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 7-14.
- Saleh, I., I.S.W. Atmaja. 2017. Efektivitas inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) terhadap produksi bawang merah dengan teknik pengairan berbeda. J. Hort. Indonesia. 8(2): 120-127.
- Shaaban, A., S. sian-Meng, N. Merry, M. Mitan, M.F. Dimin. 2013. Characterization of biochar derived from rubber wood sawdust though slow pyrolysis on surface porosities and fungsional groups. Procedia Engineering. 68: 365-371.
- Solyati, A., Z. Kusuma. 2017. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa terhadap sifat fisik, perakaran, dan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna Radiata* L.). J. Tanah dan Sumberdaya Lahan. 4(2): 553-558.
- Subiksa, I.G.M., Nurjaya. 2012. Uji Efektivitas Formula Pupuk Majemuk NPK- Plus A dan NPK- Plus B Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah. Laporan Akhir Kerjasama Penelitian antara Balai Penelitian Tanah dan PT Pupuk Kujang. Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian.
- Sukartono, W.H. Utomo. 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (*sandy loam*) semiarid tropis Lombok Utara. J. Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 91-98.

- Sutono, N.L. Nurida. 2012. Kemampuan biochar memegang air pada tanah bertekstur pasir. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 45-52.
- Suwardji, Sukartono, W.H. Utomo. 2012. Kemantapan agregrat setelah aplikasi biochar di tanah lempung berpasir pada pertanaman jagung di lahan kering Kabupaten Lombok Utara. Jurnal Penelitian Ilmu Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 61-68.
- Rejekiiningrum, P., B. Kartiwa. 2017. Pengembangan sistem irigasi pompa tenaga surya hemat air dan energi untukantisipasi perubahan iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Tanah dan Iklim. 41(2): 159-171.
- Rastija, D., V. Zebec, M. Rastija. 2014. Impacts of Liming with Dolomite on Soil pH and Phosphorus and Potassium Availabilities. 13th Alps-Adria Scientific Workshop Villach, Ossiacher See, Austria. 63: 193-196.
- Rowley, M.C., S. Grand, E.P. Verrecchia. 2018. Calcium-mediated Stabilisation of Soil Organic Carbon. Synthesis and Emerging Ideas. Biogeochemistry. 137: 27-49.
- Widowati, Asnah, Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press. 12(1): 83-90.
- Yu, O.Y., B. Raichle, S. Sink. 2013. Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. International Journal of Energy and Environmental Engineering. 4(1): 44.
- Zhang, H., Q. Liu, X. Yu, G. Lü, Y. Wu. 2012. Effects of plastic mulch duration on nitrogen mineralization and leaching in Peanut (*Arachis hypogaea*) cultivated land in the Yimeng Mountainous Area, China. Agriculture, Ecosystems and Environment. 58: 164-171.
- Zhu, Q., X. Peng, T. Huang., Z. Xie, N.M Holden. 2014. Effect of biochar addition on maize growth and nitrogen use efficiency in Acid Red Soil. Pedosphere. 24(6): 699-708.